

Опыт анализа информации о движении морских судов, извлеченной из электронных online морских карт

Е. А. Кужбанова, С. В. Поршнева

Аннотация—В статье обсуждается разработанная технология извлечения информации о названиях судов и их мгновенных координатах судов из морских online карт, которая реализована авторами в пакете MATLAB в виде программного инструмента ECS, описана структура таблиц, используемых для хранения данной информации. Проведен анализ информации о движении морских судов через Керченский пролив в период 13.09.2020 по 13.10.2020, извлеченной из соответствующих электронных online морских карт. Продemonстрировано, что данная информация позволяет разделить трафик морских судов на два отдельных потока: поток судов, двигающихся из Черного моря в Азовское море (прямое направление), и поток судов, двигающихся в обратном направлении. Продemonстрировано, что наличие информации о названиях судов и их координатах позволяет проводить многомерный анализ особенностей морского трафика. В том числе подсчитать число судов, прошедших через Керченский пролив в прямом и обратном направлениях в каждый из дней недели; построить распределения морских судов: по времени их ожидания прохода через Керченский пролив, по времени суток; вычислить зависимости числа морских судов, прошедших в прямом и обратном направлениях в течение выбранного временного интервала, которые с математической точки зрения представляют собой временные ряды (ВР). Проведенный экспресс анализ данных ВР позволил сделать вывод о том, что они являются некоторыми реализациями случайных процессов, что позволяет использовать для их анализа соответствующие методы прикладной математической статистики и анализа ВР, и далее строить математические модели, описывающие динамику морского трафика, на основе которого, потенциально, можно прогнозировать загруженность Керченского пролива.

Ключевые слова— онлайн карта движения морских судов, распознавание текста, морской трафик, координаты судна.

1. ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения безопасности судоходства в районах высокой интенсивности движения морских судов

(например, в морских проливах) и оптимизации движения морских судов (например, сокращение времени ожидания прохода через проливы) необходимо учитывать особенности динамики соответствующих транспортных потоков (морского трафика). В этой связи исследование количественных характеристик морского трафика в выбранном районе Мирового океана и построение на основе полученных результатов математических моделей, описывающих динамику изучаемых транспортных потоков является актуальной задачей.

Для решения данной задачи, как очевидно, необходима информация о названиях судов и их местоположении (географических координатах) в известные (дискретные) моменты времени. Сбор и хранение данной информации предполагает использование соответствующим образом структурированную базу данных (БД), содержащую значения моментов времени t_i , $j = \overline{1, J}$, и соответствующих значений географических координат морских судов $(x^{(Name_j)}(t_i), y^{(Name_j)}(t_i))$ (зависимостей мгновенных координат морского судна $Name_j$ от времени), $j = \overline{1, J}$. J – число морских судов, находящихся в выбранной районе Мирового океана: $\bigcup_{j=1}^J \{t_i, (x^{(Name_j)}(t_i), y^{(Name_j)}(t_i))\}$. Отметим, что сегодня в качестве координат морского судна, как правило, принимают географические координаты установленного на морском судне GPS-передатчика.

При наличии платной подписки, стоимостью не менее двенадцати тысяч рублей в год, можно получить доступ к ретроспективной информации о названиях морских судов зависимостям их мгновенных координат от времени, собранной с помощью автоматических идентификационных систем, можно получить на одном из известных сайтов (например, [1–4]). Отметим, что одновременно, на указанных сайтах также размещаются бесплатные электронные online периодически обновляемые географические карты выбранной пользователем части Мирового океана, на которых отображаются мгновенные положения маркеров морских судов и их названия. Отмеченные обстоятельства свидетельствует о потенциальной возможности извлечения из online географических карт информации о названиях и координатах судов, ее хранении, а также последующем анализе особенностей движения судов в выбранной части Мирового океана.

Статья получена 14 января 2020.

Е. А. Кужбанова, Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ УрФУ Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира 32 (e-mail: kuzhbanova.elena@urfu.ru).

С. В. Поршнева д. т. н., профессор - Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ УрФУ Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира 32 / Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук (e-mail: s.v.porshnev@urfu.ru).

В статье описана технология извлечения названий судов и их географических координатах из online географических карт, размещаемых на сайте MarineTraffic [2], структура БД, используемой для хранения полученной информации, а так же некоторые результаты ее анализа.

II. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О НАЗВАНИЯХ СУДОВ И ИХ КООРДИНАТАХ ИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ МОРСКИХ КАРТ

Рассмотрим мгновенный кадр онлайн карты выбранного участка Мирового океана, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Мгновенный кадр онлайн карты выбранного участка Мирового океана

Из рисунка 1 видно, что для отображения на мгновенном кадре online карты морских судов используются следующие маркеры:

- круг красного цвета для морских судов, находящихся в неподвижном состоянии или дрейфе;
- круг салатного цвета и изображение якоря, размещаемого справа и снизу относительно центра круга для морских судов, находящихся на якорной стоянке;
- маркер, представляющий собой многоугольник, образованный прямоугольником, вытянутым вдоль линии движения морского судна, из которого вырезан равнобедренный треугольник, опирающийся на его меньшую сторону, соответствующую корме морского судна, а также добавлен равнобедренный треугольник, опирающийся на его меньшую сторону, соответствующую носу судна, высота которого, опущенная на обсуждаемую сторону совпадает с направлением движения, для движущихся судов.

Описанные особенности визуальной информации, размещаемой на online картах, позволяют провести автоматическую предварительную обработку каждого из мгновенных кадров online карты, исключив из него изображения, соответствующие суше, а также маркеры и названия морских судов, находящихся в портах (рис. 2). Далее на обработанном кадре, находятся для каждого из названий морских судов координаты вершин минимально возможного размера прямоугольников, описанных вокруг названий кораблей, – (X_A, Y_A) , (X_B, Y_B) , (X_C, Y_C) , (X_D, Y_D) (рис. 3), и вычисляются координаты морских судов по формулам:

$$E = X_E + Box_x * \frac{X_{Ei}}{X} \quad (1)$$

$$N = X_N + Box_y * \frac{X_{Ni}}{Y} \quad (2)$$



Рисунок 2 – Мгновенный обработанный кадр онлайн карты выбранного участка Мирового океана

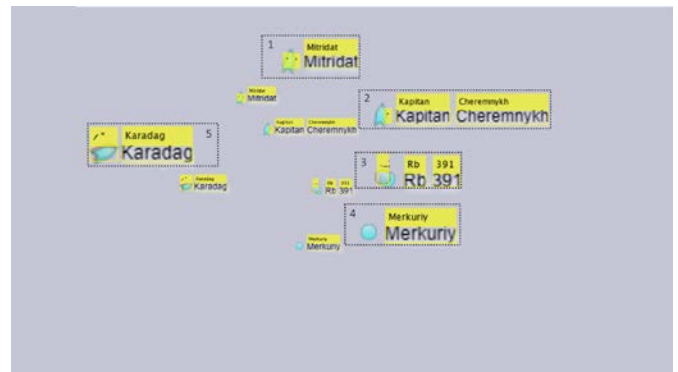


Рисунок 3 – Результат анализа электронной карты

где X_E – долгота выбранной точки на карте, X_N – широта выбранной точки на карте, Box_x – точка описанного треугольника по абсциссе, Box_y – точка описанного треугольника по ординате, X_{Ei} – смещение долготы на карте, X_{Ni} – смещение широты на карте, X – размер полученного изображения по абсциссе, Y – размер полученного изображения по ординате.

Для практического использования, описанного выше подхода в пакете MATLAB был разработан программный инструмент «Extracting the Coordinates of Ships» (ECS), в котором для нахождения текста на мгновенных кадрах online карты и нахождения координат вершин прямоугольников минимально возможного размера, описанных вокруг названий кораблей, использовалась библиотека MATLAB Optical Character Recognition (OCR). На вход обсуждаемого программного инструмента подаются мгновенные кадры online карты, на выходе получают наборы 4-мерных векторов, координаты которых содержат: название морского судна (MarinName); x-ую мгновенную координату морского судна (долгота) (MarinE); y-ую мгновенную координату морского судна (широта) (MarinN), дату и время, в которое был зафиксирован мгновенный снимок экрана с изображением online карты MarinDateTime, а число векторов равняется количеству морских судов, идентифицированных на данном кадре online карты. Координаты, каждого из векторов, по мере их вычисления, заносятся в двумерную таблицу, состоящую из 4-х столбцов, которую далее стандартными средствами упорядочивают по названию

корабля (рис. 4). (Обоснование технических решений, использованных авторами при разработке данного программного инструмента, а также оценки точности определения координат морских судов предложенным способом подробно описаны в [5]).

Таблица 1 - Данные, полученные в ходе анализа

	MarinName	MarinE	MarinN	MarinDateTime
1	"Anatasiya"	36.5981	45.28577	'13-Sep-2020 00:19:13'
2	"Anatasiya"	36.5977	45.28577	'13-Sep-2020 01:59:39'
3	"Anatasiya"	36.5977	45.28577	'13-Sep-2020 02:19:44'
4	"Anatasiya"	36.5977	45.28577	'13-Sep-2020 02:39:48'
5	"Anatasiya"	36.5977	45.28577	'13-Sep-2020 02:59:52'
6	"Andrey"	36.5553	45.32482	'13-Sep-2020 00:19:13'
7	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 00:39:18'
8	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 00:59:22'
9	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 01:19:28'
10	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 01:39:33'
11	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 01:59:39'
12	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 02:19:44'
13	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 02:39:48'
14	"Andrey"	36.5550	45.32490	'13-Sep-2020 02:59:52'
15	"Diamant"	36.5169	45.18290	'13-Sep-2020 00:39:18'
16	"Diamant"	36.5169	45.18290	'13-Sep-2020 00:59:22'
17	"Diamant"	36.5169	45.18290	'13-Sep-2020 01:19:28'
18	"Diamant"	36.5169	45.18290	'13-Sep-2020 01:39:33'
19	"Diamant"	36.5169	45.18290	'13-Sep-2020 02:39:48'
20	"Diamant"	36.5169	45.18290	'13-Sep-2020 02:59:52'

Из таблицы 1 видно, что в реальном режиме с шагом по времени, равным 20 минут, были зафиксированы мгновенные изображения online карты, по которым с помощью разработанного программного инструмента, были определены названия морских судов, находящихся в выбранной области Мирового океана (Керченском проливе), и их координаты. Также из таблицы 1 видно, что возможны ситуации, в которых расположение морских судов оказывается таковым, что в отдельные моменты некоторые из них могут быть не обнаружены. Например, на мгновенном кадре, зафиксированном 13 сентября 2020 г. морское судно «Anatasiya» не было обнаружено с 00:39:18 до 01:39:39, в то время как на кадрах зафиксированных в этот день в предшествующий и последующий моменты времени (00:19:13, 01:59:39 соответственно) указанное судно было обнаружено и определены его координаты. В этой связи авторами был реализована дополнительная проверка «целостности» зависимостей $(x^{(Name_j)}(t_i), y^{(Name_j)}(t_i))$ и, при

необходимости, восстановления пропущенных значений координат с помощью линейной интерполяции.

III. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ, ИЗВЛЕЧЕННОЙ ИЗ МГНОВЕННЫХ КАДРОВ ONLINE КАРТЫ

Наличие информации, извлеченной из последовательных мгновенных кадрах online карты, позволяет проводить многомерный анализ особенностей движения морских судов в выбранном участке Мирового океана, в том числе:

- фиксировать время появления данного судна в выбранном районе Мирового океана;
- фиксировать время покидания выбранного района Мирового океана данным морским судном;
- определять время ожидания морским судном перед проходом через выбранную область Мирового океана (например, морской пролив);
- определять направление движения морского судна;
- классифицировать морские суда по длительности ожидания прохода через выбранную область Мирового океана;
- проводить анализ распределения числа морских судов, прошедших через выбранный морской пролив в прямом и обратном направлениях по дням недели;
- проводить анализ распределений морских судов по длительностям ожидания прохода и дня недели;
- проводить анализ распределения числа морских судов, прошедших в прямом и обратных направлениях, по времени суток;
- вычислять зависимости числа морских судов, прошедших в прямом и обратном направлениях, в течение временного интервала выбранной длительности от времени – зависимости «мгновенного» числа прошедших морских судов от времени, и далее проводить анализ свойств данных временных рядов и возможность их прогнозирования и т.д.

Рассмотрим некоторые результаты анализа информации о движении судов в районе Керченского пролива в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г., извлеченной из online морских карт с помощью разработанного авторами программного инструмента. Для анализа данных мы использовали программное обеспечение компании Microsoft Power BI, предоставляющее пользователю инструменты для бизнес-анализа данных и визуализации его результатов.

На рисунке 4 представлены выборочные результаты анализа информации о движении судов в районе Керченского пролива в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г., извлеченной из online морских карт, в форме таблицы.

1	2	3	4	5	6	7	8
MarinName	MarinE	MarinN	MarinDateTime	DayName	CTime	WaitingTime	MarinMove
"Agache"	36.4996	45.1910	"13-Sep-2020 07:39:04"	Sun	"3h 20m 11s"	"> 1h"	"MoveDown"
"Ais"	36.5043	45.1653	"12-Sep-2020 12:42:29"	Sat	"11h 23m 1s"	"> 10h"	"MoveUp"
"Akula"	36.5037	45.3087	"12-Sep-2020 20:58:24"	Sat	"8h 0m 48s"	"> 5h"	"MoveDown"
"Alina"	36.5358	45.1715	"13-Sep-2020 00:18:43"	Sun	"11h 1m 7s"	"> 10h"	"MoveDown"
"Alpha"	36.4771	45.1655	"13-Sep-2020 06:19:01"	Sun	"13h 1m 4s"	"> 10h"	"MoveUp"
"Ana"	36.5140	45.1570	"13-Sep-2020 06:19:01"	Sun	"6h 0m 18s"	"> 5h"	"MoveUp"
"Anastasiya"	36.5997	45.2858	"12-Sep-2020 07:41:10"	Sat	"6h 21m 42s"	"> 5h"	"MoveNoN"
"Anna"	36.5358	45.1715	"12-Sep-2020 23:38:40"	Sat	"10h 41m 4s"	"> 10h"	"MoveDown"
"Antaly"	36.5331	45.1845	"13-Sep-2020 08:19:05"	Sun	"0h 20m 0s"	"< 1h"	"MoveDown"
"Antagya"	36.5338	45.1843	"13-Sep-2020 00:36:44"	Sun	"6h 20m 39s"	"> 5h"	"MoveNoN"
"Antalya"	36.5335	45.1848	"13-Sep-2020 07:39:04"	Sun	"12h 40m 5..."	"> 10h"	"MoveDown"
"Antawa"	36.5335	45.1848	"13-Sep-2020 07:19:04"	Sun	"8h 0m 26s"	"> 5h"	"MoveDown"
"Apache"	36.4996	45.1910	"13-Sep-2020 08:59:06"	Sun	"9h 0m 23s"	"> 5h"	"MoveUp"
"Arzu"	36.4808	45.2289	"12-Sep-2020 21:58:30"	Sat	"0h 40m 5s"	"< 1h"	"MoveDown"
"Aslanov"	36.4866	45.2376	"12-Sep-2020 22:38:35"	Sat	"0h 20m 4s"	"< 1h"	"MoveDown"
"Aurora"	36.5242	45.1640	"13-Sep-2020 09:19:07"	Sun	"13h 20m 4..."	"> 10h"	"MoveUp"
"Ayla"	36.5598	45.1696	"12-Sep-2020 10:01:43"	Sat	"9h 42m 30s"	"> 5h"	"MoveUp"
"Azov"	36.4672	45.1684	"13-Sep-2020 03:36:52"	Sun	"14h 41m 1..."	"> 10h"	"MoveUp"
"Baltiets"	36.5794	45.1598	"13-Sep-2020 09:19:07"	Sun	"13h 20m 4..."	"> 10h"	"MoveNoN"

Рисунок 4 – Выборочная таблица с результатами вычисления: DayName(5) – день недели, CTime(6) – время ожидания судна перед проходом через пролив, WaitingTime(7) – округленное время ожидания, MarinMove(8) – направление движения морского судна через Керченский пролив

Гистограммы распределений морских судов, прошедших через Керченский пролив в прямом (из Черного моря в Азовское море) и обратном (из Азовского моря в Черное море) направлениях по дням недели представлены на рисунке 5.

Из рисунка 5 видно, что число кораблей, прошедших в прямом направлении, в каждый из дней недели оказалось больше числа кораблей, прошедших в обратном направлении. При этом наибольшие превышение числа кораблей, прошедших в прямом направлении, числа морских судов, прошедших в обратном направлении, равное 49, достигалось в среду, наименьшее превышение числа кораблей, прошедших в прямом направлении, числа морских судов, прошедших в обратном направлении, равное 7, – в четверг.

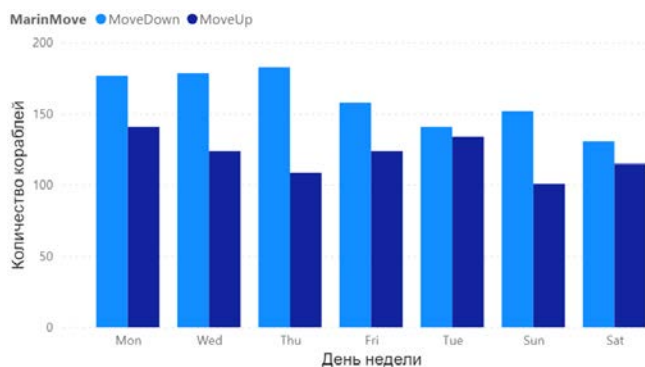


Рисунок 5 – Гистограммы распределений числа морских судов, прошедших через Керченский пролив в прямом и обратном направлениях в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г.

Гистограммы распределений числа кораблей по времени ожидания прохода через Керченский пролив и дням недели в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г. представлены на рис. 6.

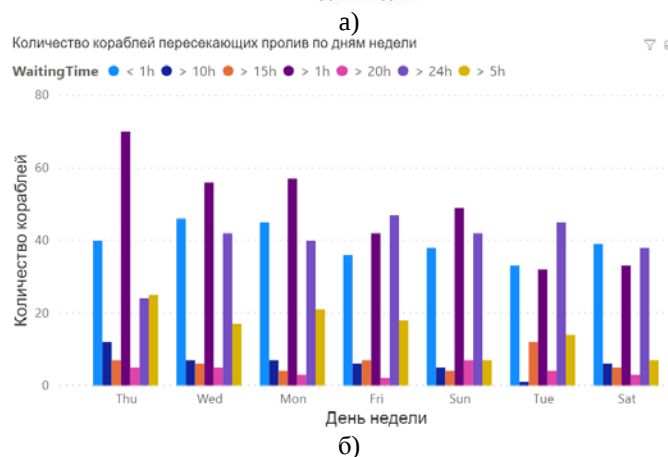


Рисунок 6 – Гистограммы распределений числа морских судов по времени ожидания прохода через Керченский пролив – а) в прямом направлении, б) в обратном направлении и дням недели в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г.

Из рисунка 6 видно, что наибольшее количество морских судов ожидает прохода через Керченский пролив в течение от 1 до 5 часов, 58 в прямом направлении, и 70 в обратном направлении. При этом у некоторых судов (58 кораблей, следовавших в обратном направлении) время ожидания превысило 24 часа.

Гистограммы распределений числа судов, прошедших через Керченский пролив в прямом и обратном направлениях в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г., по времени суток представлены на рисунке 7.

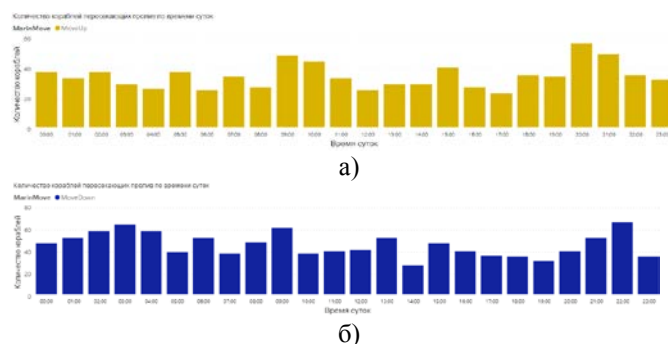


Рисунок 7 – Гистограммы распределений числа морских судов, прошедших через Керченский пролив – а) в прямом направлении, б) в обратном направлении в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г., по времени суток

Из рисунка 7 видно, что максимальное число морских судов, проходивших через Керченский залив в прямом

направлении, равное 49 и 57, достигалось в 9 час и 20 час, соответственно. Максимальное число морских судов, проходивших через Керченский залив в обратном направлении, равное 65 и 67, достигалось в 3 час и 22 час, соответственно. Минимальное число морских судов, прошедших через Керченский залив в прямом направлении, равное 24, достигалось в 17:00, минимальное число морских судов, прошедших через Керченский залив в обратном направлении равное 28, достигалось в 14:00.

Также отметим, что существует возможность вычислить значения зависимостей числа морских судов, прошедших в прямом и обратном направлениях в течении выбранного временного интервала, от его порядкового номера, т.е. времени: $N_k^{(i)} = f^{(i)}(kt)$, где t – длительность временного интервала, измеряемая в часах, $k = 1, \text{int}\left(\frac{T_{\text{от}}}{t}\right)$, $T_{\text{от}}$ – длительность интервала анализа кадров online карт, представляющие с математической точки зрения – временные ряды (ВР). Графики зависимостей $N_k^{(24)}$, $N_k^{(1)}$ представлены на рис. 8, 9.

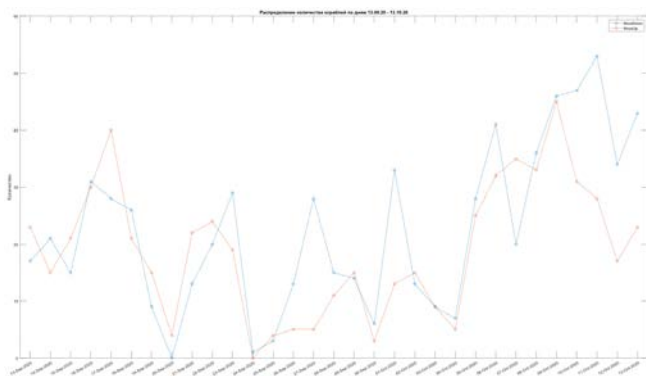


Рисунок 8 – Визуализация ВР $N_k^{(24)}$

Из рис. 8 видно, что в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г. наибольшее количество кораблей (45 кораблей) прошло через Керченский пролив в прямом направлении 9 октября, в обратном направлении (53 кораблей) – 11 октября.

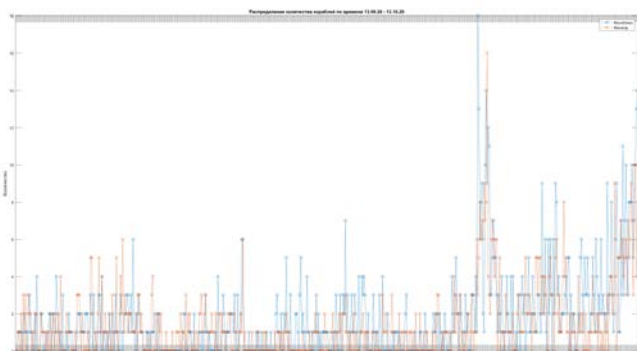


Рисунок 9 – Визуализация ВР $N_k^{(1)}$

Из рис. 9 видно, что в период с 13 сентября по 13 октября 2020 г. наибольшее количество кораблей (16 кораблей) прошло через Керченский пролив в прямом направлении в течение одного часа 7 октября с 6:00 до

7:00, в обратном направлении (18 кораблей) – 6 октября с 21:00 до 22:00.

Результаты более детального анализа свойств временных рядов $N_k^{(i)} = f^{(i)}(kt)$, представляющих собой, как видно из рисунков 8, 9, некоторые реализации случайных процессов, а также исследование возможности их прогнозирования является предметом последующих публикаций.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описана структура информации о названиях судов и их мгновенных координатах, извлеченной с помощью разработанного авторами программного инструмента ECS из электронных online морских карт Керченского пролива в период 13.09.2020 по 13.10.2020, и представлены результаты многомерного статистического анализа данной информации.

Для исследования особенностей динамики морского трафика в Керченском проливе предложено использовать временные ряды, составленные из числа морских судов, прошедших в прямом и обратном направлениях, в течение 24 часов и 1 час. Сделан вывод о том, что данные временные ряды представляют собой некоторые реализации случайных процессов, что позволяет использовать для их анализа соответствующие методы прикладной математической статистики, а также строить математические модели, описывающие динамику морского трафика, на основе которого, потенциально, можно прогнозировать загруженность Керченского пролива.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Vessel Finder. Available online: <https://www.vesselfinder.com> (accessed on 05.06.2019)
- [2] Marine Traffic. Available online: <https://www.marinetraffic.com> (accessed on 01.08.2020)
- [3] Shipping Explorer. Available online: <https://www.shippingexplorer.net/ru> (accessed on 05.06.2020)
- [4] FleetMon. Available online: <https://www.fleetmon.com> (accessed on 05.06.2020)
- [5] E.A. Kuzhbanova and S.V. Porshnev "Technology for extracting instant coordinates of sea vessels in a selected part of the World Ocean from online maps" Information Technologies and Engineering – APITECH - 2019 // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1679, Issue 3, article id. 032053 (2020)

Experience in analyzing information on the movement of sea vessels, extracted from electronic sea charts online

E. Kuzhbanova, S. Porshnev

Abstract — The article describes a developed technology that allows you to extract information about the names of ships and their current coordinates from online nautical charts. This technology is implemented by the authors in the MATLAB package in the form of the ECS software tool, the table structure used to store this information is described.

The analysis of information on the movement of sea vessels through the Kerch Strait in the period from 09/13/2020 to 10/13/2020, obtained from the corresponding electronic marine online maps, was carried out. It has been demonstrated that this information allows to divide the traffic of sea vessels into two separate flows: the flow of vessels moving from the Black Sea to the Sea of Azov (forward direction), and the flow of vessels moving in the opposite direction. It has been demonstrated that the availability of information on the names of ships and their coordinates allows a multidimensional analysis of sea traffic. Also count the number of ships that passed the Kerch Strait in forward and backward directions on each day of the week; to build the distribution of sea vessels: according to the time of their waiting for passage through the Kerch Strait, according to the time of day; calculate the dependencies of the number of ships passing in the forward and backward directions during the selected time interval, which represent a time series (TS) from a mathematical point of view.

An express analysis of the TS data was carried out, which made it possible to conclude that they are some realizations of random processes. This allows the use of appropriate methods of applied mathematical statistics and TS analysis for their analysis. And then build mathematical models that describe the dynamics of sea traffic, based on which, potentially, it is possible to predict the workload of the Keren Strait.

Keywords — online sea traffic map, text recognition, sea traffic, vessel coordinates.

- [3] Shipping Explorer. Available online: <https://www.shippingexplorer.net/ru> (accessed on 05.06.2020)
- [4] FleetMon. Available online: <https://www.fleetmon.com> (accessed on 05.06.2020)
- [5] E.A. Kuzhbanova and S.V. Porshnev “Technology for extracting instant coordinates of sea vessels in a selected part of the World Ocean from online maps” Information Technologies and Engineering – APITECH - 2019 // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1679, Issue 3, article id. 032053 (2020)

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Vessel Finder. Available online: <https://www.vesselfinder.com> (accessed on 05.06.2019)
- [2] Marine Traffic. Available online: <https://www.marinetraffic.com> (accessed on 01.08.2020)

Manuscript received Jan. 14, 2021

E A Kuzhbanova - The Institute of Radioelectronics and Information Technologies, 620002 Ural Federal University, Mira st. 32, Yekaterinburg, Russia (e-mail: kuzhbanova.elena@urfu.ru).

S V Porshnev, The Institute of Radioelectronics and Information Technologies, 620002 Ural Federal University, Mira st. 32, Yekaterinburg, Russia / N.N. Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (e-mail: s.v.porshnev@urfu.ru).